

## 日本の技術輸出入と研究開発に関する考察

馬 場 正 弘

### 1. はじめに

第二次大戦後、高度経済成長を達成した日本は製品輸出大国となった。これを支えた要因の一つは新製品の開発や生産性上昇をもたらす技術革新であるが、一方で、日本は基礎的・中核的な発明による科学技術の進歩への貢献が少なくとも指摘されてきた。研究開発(R&D)活動による知識の向上は技術革新の一要因であるが、最終的な革新者自身がそこに至るまでのR&Dを行わない場合もある。戦後の一時期、日本においては、大戦前後の技術的停滞の結果拡大した欧米との技術格差を解消する手段として、技術導入が大きな役割を果たした。この意味で、戦後日本の技術開発に関しては、革新が達成される前提となる基本的なイノベーションの分野について外国からの成果の導入に頼り、自らのR&Dはもっぱらこの応用や実用化を目的としていたという見方ができる。そこで本論文では、国内のR&D活動および政府の研究助成への姿勢と技術貿易活動(特に技術輸入)との関連を中心として、その特徴と近年における変化の様

子について考察する。

### 2. 国際技術移転と日本における技術貿易の推移

#### (1) 国際技術移転の意味

技術とは、物理的および社会的現象に関する知識や、基礎的な原理の実際上の応用に関する知識、医者や技術者が経験的に習得する知識など、社会における工業、農業、医学などに関連した知識の集積によって形成されるものである。そして技術の革新(イノベーション)は、R&Dをその成功への過程の一つとして持つ、新しい技術の最初の商業的利用であると定義される。<sup>(1)</sup> 経済学の用語では技術は労働や資本などの生産要素の投入と産出の関係であり、生産関数という概念を用いるならば、技術進歩は生産関数のシフトを意味し、R&Dはこの投入要素の一つと考えることができる。<sup>(2)</sup>

しかし、個々の企業にとっては、技術革新のための知識の増大は必ずしも自らのR&Dによってのみ得られるものではなく、他者が行ったR&Dの成果やすでに確立した技術を相応の対

(1) Mansfield [5], pp. 1-5.

(2) 例えば、 $Q$  を産出、 $K$  を資本ストック、 $L$  を労働投入、 $R$  を研究資本ストックとして、生産関数を

$$Q_t = A e^{2t} K_t^\alpha L_t^\beta R_t^\gamma$$

という形で定式化したモデルが、Mansfield [5] [6], N. Terleckyj [8], F. Scherer [7] などによって研究され、研究資本の収益率の推計などが行われている。

価を支払って導入し、自らの製品や工程の革新に用いることも可能である。国際的にも、国によって技術の水準や能力に差異があるため、技術の国際的な普及という連続的な過程が存在する。この国境を越えて行われる技術の受渡しが国際技術移転である。

この国際技術移転の特徴について、本論文のテーマである国内R&D活動との関連に注目すると、個々の企業行動という観点から考えた場合、両者の間には互いの活動を促進・刺激しようという関係が存在することがわかる。例えば、E. Mansfield は企業別のデータによる実証分析から、

- ① ある製品の本国における最初の生産時期と模倣した会社における最初の生産時期の差と模倣企業のR&D支出の間には、医薬品のような特に強い規制がある産業を除いて、有意な負の相関が見られる。<sup>(3)</sup>
- ② 左辺を子会社を通じた技術移転によって生じる送り手の利益や受け手の利益の有無として、各々をR&D支出対売上高比率に回帰させると、いずれも正の関係が見られ、R&D集約性が高いほど国際技術移転による双方のメリットは大きい。<sup>(4)</sup>
- ③ アンケート調査によれば、R&D集約性が高い産業ほど製品輸出、直接投資、ライセンスリングが活発であり、また、海外へ技術を移転して利用することはR&Dの収益性を高めること

にもなる。<sup>(5)</sup>

という結果を得ている。ここからは、R&D活動を行うことによって外国技術の導入や利用が促進され、また一方で、技術を海外で利用することによってR&Dの収益性を高めることができるといえ、少なくとも個別の企業のレベルでは、国際技術移転そのものにはR&D活動と正の関係を持つ要素があると考えられることができる。

ところで、国際技術移転には、直接の対価授受をとまなう技術輸出入の他にも様々な経路があり、その全容を正確に把握することは困難である。<sup>(6)</sup> 反対に、事実上独自の技術開発の成果でありながらすでに外国で特許が成立しているものについて、事実上のノウハウの受け入れが無いにもかかわらず特許料を支払わなくてはならない場合も予想される。したがって、対価授受額は国際技術移転全体を代表するものではないが、本論文では、様々な経路のうちで特に技術輸入対価支払額と技術輸出対価受取額（技術貿易額）に着目した実証研究を考えている。この場合も、R&D活動との前述のような関係はある程度妥当すると考えられる。

## (2) 日本の技術貿易の現在と推移

まず、世界全体に対する日本の技術貿易の様子を見ると、表1のように技術輸出入とも大きく増加し、交流が活発になっていることがわかる。しかし、技術収支比（技術輸入に対する技

(3) Mansfield [5], pp. 31-35.

(4) 同上書, pp. 44-47.

(5) 同上書, p. 50.

(6) Mansfield は国際技術移転の経路として、①研究者の交流や出版などによる情報の伝播、②製品の効果的な利用法の説明や体化された技術の解説（リバース・エンジニアリング＝分解工学）を含む、製品輸出による輸入者への情報提供、③現地従業員の訓練や情報提供を含む外国への子会社設置による技術の外国での利用、④特許、商標、フランチャイズ、技能指導など対価をとまなうライセンス協定、⑤ジョイント・ベンチャーなどによる直接投資、をあげている。Mansfield[5], pp. 14-17.

術輸出の比率）は上昇しているものの現在もお1を下回り、輸入超過となっている。<sup>(7)</sup>

表1 日本の技術貿易の推移（単位百万円）

年度	技術輸出 (A)	技術輸入 (B)	収 支 比 (A/B)
1965	6146	60009	0.102
1970	21128	155057	0.136
1975	47785	211322	0.226
1980	85693	326221	0.263
1985	177921	601497	0.296
1988	215504	650743	0.331

（出所：科学技術要覧）

一方、これを他の先進各国と比較すると、表2のように、技術収支比が主要国の中で最も低い部類に属することがわかる。これは、技術輸出額は西ドイツなどと比べても決して少なくはないものの、やはり技術輸入額の多さによるところが大きい。一方で日本はR&D活動自体は活発なため、R&D規模と比較した技術貿易の規模では、技術輸入額対R&D比率は特に大きいわけではないが、技術輸出額が国内でのR&Dに比べて小さいという傾向が見られる。

戦後日本のR&D活動の基本的な特徴の一つは、積極的な技術導入とその改良のための活発

表2 各国の技術収支比、技術輸出入対R&amp;D比率（1985年）

国 名	輸出 輸入	輸出 R&D	輸入 R&D
日 本	0.30	0.0212	0.0694
西 ド イ ツ	0.52	0.0311	0.0568
フ ラ ン ス	0.55	0.0432	0.0830
イ ギ リ ス	1.22	0.0826	0.0674
合 衆 国	6.73	0.0556	0.0083

（科学技術要覧より作成）

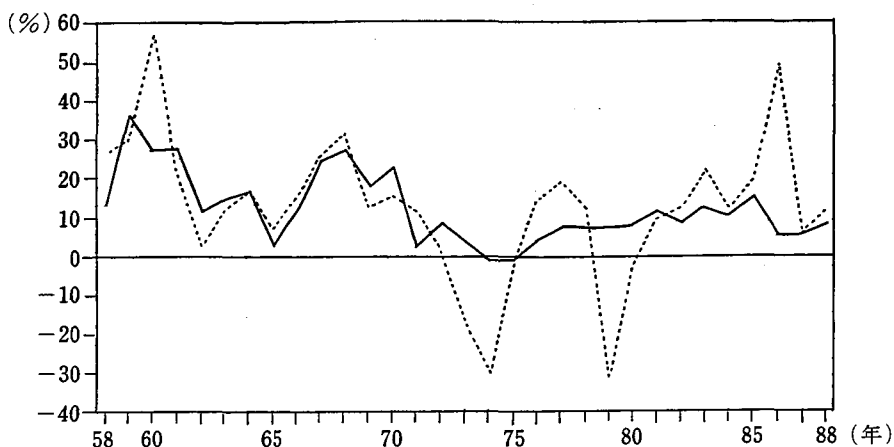
なR&D投資であり、戦後においても海外の技術進歩への依存度は高かった。ここには、戦争などによる1950年代初期までの正常な国際関係の遮断の結果欧米と日本の技術水準のギャップが拡大したという事情があり、このギャップの解消のために、米国を中心に蓄積され世界に伝播しつつあった革新的技術が導入されるようになった。<sup>(8)</sup> しかし、従来のR&Dにおける、導入技術およびその応用・改良による知識の付加を中心とした技術知識ストックの増大という傾向は、技術格差が縮小しつつある近年においては変化していると考えられる。さらに、近年の北米・西欧地域に対する技術輸出増加による技術収支比の改善などからは、従来のようなR&Dの特徴には変化がうかがえる。<sup>(9)</sup>

(7) 日銀「国際収支統計月報」の数字による。技術輸出入の統計にはこの他に総務庁「科学技術研究調査報告」のデータもあるが、両者の数字は大きく異なる。これは一つには、日銀データが外国為替のうち送金目的の特許権使用料の授受とされるものを集計したものであるのに対して、総務庁データが外国との間における特許、ノウハウ、技能指導などの情報提供・受け入れの全てを対象企業について集計したものであることによる。また、日銀データは外国為替送金を行った全企業・機関が対象なのにに対し、総務庁データではこれがR&Dを行っている企業に限られている。本論文では、一国全体の技術輸出入の長期的推移の検討や外国との比較については日銀統計のデータを用いる。一方、対象をR&Dを行っている企業に限れば、国際技術移転の実態をより良く表しているのは総務庁統計であるから、産業毎のデータによるクロスセクション分析ではこちらを用いる。

(8) 木下宗七・鈴木和志 [11], p. 81. これは中村隆英 [13] や斎藤優 [12] など多くが一致して指摘している。また、戦争によって企業設備が疲弊していたなかで経済を早急に復興させるためには、資本投入が最大の効果を上げるように重要な産業へ最新の技術を集中的に取り入れる必要があったことも活発な導入の一因と考えられる。

(9) 1978年から87年の間に日本の技術収支比は名目値で0.24から0.34に上昇した。また、総務庁の新規契約分のみのデータによる技術収支比は、1971年の0.71から1980年には2.683、1988年でも0.868となっており、日本における技術開発が輸出型のものになりつつあるとも考えられる。この他、ただちに技術の国際化を意味するものではないが、合衆国における日本人の特許登録件数の割合は最近の10年間で倍増しており、EC諸国への特許登録件数もこの間に5割ほど増えている。

図1 技術輸入とR&Dの成長率の推移



(実線は民間 R & D 支出成長率, 点線は技術輸入額成長率)

ここで、戦後日本の技術貿易とR&D活動の推移を時系列データから検討する。図1は民間負担のR&D支出と技術輸入対価支払額（いずれも実質値）の成長率の推移を示したものである。<sup>10)</sup>

このように技術輸入とR&Dは高度成長期にあたる1970年代はじめまではよく似た動きをしており、両者に密接な関係があった様子がうかがえる。しかし、この時期以降になると両者のこうした関係は明白ではなくなる。そこで同じデータから技術輸入対R&D比率の推移を見ると、図2のように1970年代にはこの低下が見られる。<sup>11)</sup>

一方、この時期の技術輸出対価受取額は伸び率の変動をとめないながら増加しているが、R&Dの成長率との関係は不明確で、技術輸入ほど密接にはR&Dと関連していないように思える。<sup>12)</sup> しかし、R&D支出に対する比率を見ると、技術輸出は技術輸入と異なり安定して上昇している様子が近年うかがえる。<sup>13)</sup> 全体として近年の技術収支比の改善は、このようなR&D規模に比した技術輸出の着実な増加と、技術革新における輸入技術の役割の相対的な減少が大きな要因となっている。

これらの時系列データを用いた回帰分析からは、高度経済成長期において特にR&Dと技術

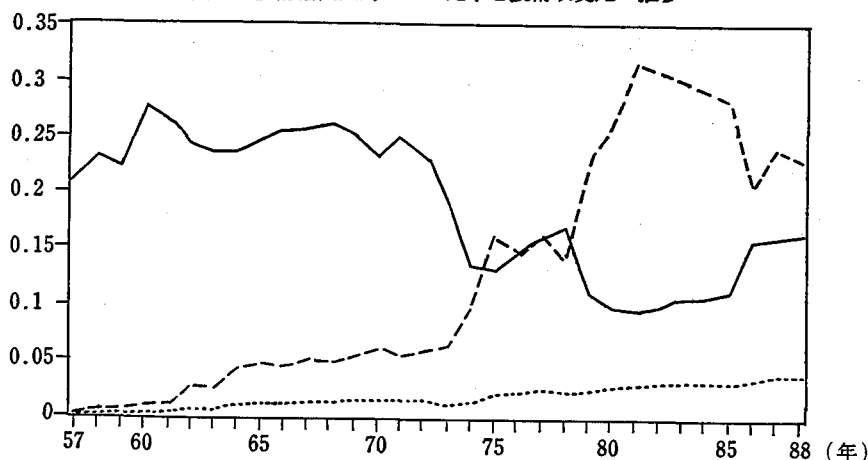
10) 技術輸入額は日銀データによる。民間負担 R & D は政府助成分を除く会社等社内使用研究費であり科学技術研究調査報告によるが、これは1958年までは「研究機関基本統計調査」と呼ばれ、調査範囲が大きく異なり現在のデータ系列と接続できないため、この時期については科学技術白書による旧系列の新系列への換算値をデータとした。また、デフレータは R & D については民間企業設備デフレータ（経済企画庁調べ）と研究費デフレータ（科学技術庁調べ）、技術輸入については輸入物価指数・総平均（日銀調べ）を用いた。なお、図1には示さなかったが、技術輸出額は日銀データ（デフレータは輸出物価指数）による。

11) これは直接的には、経済の低成長化による資金的制約やリスクの増大という事態に直面して、自主的な技術開発を優先して外国技術主導形の技術開発への資金投入を抑制するという方向が一時的に採られたためとも考えられるが、この比率は1980年代に入ってから以前の水準を大きく下回っている。

12) この理由としては、R & D が技術革新のための投入であり成功した革新の尺度ではないうえに、企業がその戦略上 R & D の成果の多さに比例して技術輸出を行うとは限らないことや、日銀統計が外国為替送金をとまらぬ明らかな技術移転のみを捉え、これ以外の経路による移転を含まない一方で、企業は必ずしも全ての国際技術移転をパテントの移転で行うわけではないことなどが考えられる。

13) これは R & D 活動水準の維持が輸出可能な技術を継続的に生み出している、あるいは逆に技術輸出によって R & D 投資を収益的なものとしようとしていることの表れと考えることもできる。

図2 技術輸出入対R&amp;D比率と技術収支比の推移



（実線は技術輸入／R&D、点線は技術輸出／R&D、破線は技術収支比）

輸入の関連が密接で、その後は変化しているという結果が得られた。<sup>04</sup> そこで次節以降では、このような性質の変化の要因を明らかにするために、R&Dと技術輸出入の関係を詳しく検討する。

### 3. 技術輸出入の影響要因としてのR&D: 実証分析の方法

(1) 技術輸入戦略とR&Dの収益性、政府助成  
自らR&Dを行う代わりに外国から技術を導入する理由の一つに、自主技術の開発の場合は成果が得られるまで長時間を要し、さらに不確

<sup>04</sup> 若杉 [14] は、技術輸入が R&D を誘発すると想定して左辺を R&D、右辺を技術輸入とした、コブ=ダグラス型の関係を仮定し、変化率同士の回帰で両者の弾力性を直接推定している。その結果、1970年代以降は日本の製造業全体および主要産業においてこの弾力性が低下し、補完的関係が薄れたとしている。若杉 [14], pp. 24-26。この方法に依拠して、全民間産業を対象とし、計測期間を前後に延ばし、社内使用研究費から政府助成成分を除いたものを変数とした計測を行った結果を次に示す。GTM を会社等技術輸入支払対前年度変化率、GRD を会社等社内使用研究費（除政府資金）対前年度変化率（いずれも図1に用いたものと同じ）として、

$$GRD_t = a + bGTM_t + u_t \quad (u_t \text{ は誤差項})$$

を推定したところ次表のようになった。

期 間	定数項	GTM	$\bar{R}^2$	標準誤差	DW
1958-74	0.098 (4.626)	0.427 (4.684)	0.567	0.070	2.563
1972-88	0.067 (6.531)	0.096 (1.849)	0.131	0.040	1.241
1958-88	0.087 (5.226)	0.290 (3.821)	0.312	0.076	1.549

（ ）内は係数の  $t$  値、 $\bar{R}^2$  は自由度修正済決定係数、DW はダービン・ワトソン比

このように、1970年代前半を境としてこれ以降は弾力性の大きさと有意性および決定係数が大きく低下しており、R&Dの決定要因としての技術輸入の重要性は低下している。この他、1957年以前のデータについては、技術輸入の変動が大きく、R&Dとの関係は認めにくかった。また、1960年代に段階的に進められた技術導入自由化の効果は観察されなかった。これらから、両者の関係はむしろ高度経済成長期において密接だったことがわかる。

一方、技術輸出変化率を左辺、R&D支出変化率を右辺とした同様の計測では有意な結果は得られなかった。これは、注02に示したような、全ての移転を捉えていないというデータ上の問題の他、R&D投入、成果の産出、成果の移転の各々の間のタイムラグが産業や個々の技術によって大きく異なるためと考えられる。

実性が高い基礎研究を行わなくてはならず、実行者にとってリスクが大きい一方で、技術導入に頼ればこのリスクをある程度回避することができ、その結果、場合によっては対価を支払っても技術輸入の方が有利となりうるということがある。この点からは、日本の積極的な技術輸入について、資金的余裕がない中で速やかに産業の復興と技術格差の縮小を図る必要があったために行われたという説明がなされる。一方、統計データを見ると、外国との技術格差が縮小してきた1970年代以後においても、外国に比べ日本の技術輸入額はなお多い。しかし、技術格差の縮小の結果、日本経済にとって技術導入は以前ほど重要な役割を演じてはいないと考えられるため、これだけで技術輸入を説明するのは難しい。これについて T. Blumenthal は、むしろこれを企業のR&D戦略の問題として捉え、後述の計測などに基づいて、独自の革新の発見よりも外部から受け入れた技術の利用の促進を主な目的とするR&Dの機能を重視した戦略が日本ではもっぱらとられた結果が技術輸入に反映されたためであるとしている。そして、比較的安いコストで移転できる新技術のストックが欧米にあったため、日本はこの戦略によって技術競争で生き残ると同時に資源の節約ができた、としている。<sup>15</sup> また、Mansfield [6] は、生産関数から導出したモデルによる日米のR&D取

益率推定値の比較から、合衆国で基礎研究の収益率が高かったのと対照的に、日本では他国の技術の豊富なストックを比較的安価に使用することができたために応用研究や開発研究の収益率が高く、さらにその一部は技術輸入の要因で説明されるとしている。<sup>16</sup> このように、低リスクで即座に効果が表れる技術輸入と結び付いた結果、日本のR&Dはより収益的なものとなり得たと見ることもできる。

一方、政府の民間研究助成政策も技術革新に影響する一要因である。一般にこれは基礎的なR&Dがそのハイリスクでかつ公共財的な性格ゆえに過小投資となりうるという点や、社会全体に望ましい研究の方向を政策的に誘導するという点から行われるとされる。だが、R&D助成とそれを受ける産業の技術水準との関係を考えた場合、ここには先進的だが特定の目的を持たず成果も不確実な基礎的研究の助成と、他国と比べて技術的に劣る産業の競争力向上の支援という2つの方向が考えられる。これについては、後述の J. Vestal の実証分析のように、日本では技術輸出黒字と政府助成額が有意な負の相関をしているという研究がある。<sup>17</sup> A. Link [4] によれば、こうしたR&Dへの助成が企業の基礎研究をクラウドアウトする結果、助成額が多い企業の企業負担R&Dは開発の占める比率が高いものとなっているという。<sup>18</sup> そこで、

<sup>15</sup> Blumenthal [1] pp. 253-254, Blumenthal [2] pp. 303-305.

<sup>16</sup> Mansfield [6] pp. 223-225. しかし、単純に外国技術の導入がそれだけで技術進歩や経済成長をもたらすとすれば、経済成長の速度は後進国ほど速いことになってしまう。それゆえ、日本の独特の高度経済成長に関しては、このようないわゆる後発国の利益だけでなく、導入技術を消化・定着させる効果的なR&Dや、過去の知識の蓄積や労働の質など「社会的能力」の役割が重視されなければならないのである。

<sup>17</sup> Vestal [9] pp. 565-571.

<sup>18</sup> Link [4] pp. 342-346 および Higgins & Link [3] pp. 86-88 では合衆国の企業データについて政府R&D助成による民間基礎研究のクラウドアウトが指摘されている。これと同様なモデルによる計測を日本の1982～85年にかけての産業の集計クロスセクションデータについて行ったら、R&D全体と政府助成額は補完的な関係にあるものの、政府助成額が多い産業ほど開発研究支出が大きい、総研究費中に開発研究費が占める比率が高くなるという結果が得られた。因果関係の方向

基礎研究比率の高さが自主技術開発の活発さに対応し、自主技術開発のウェイトの高さが外国と比べた相対的な技術水準の高さを表すと仮定すれば、結果的に政府のR&D資金は自主技術開発に積極的な産業よりもむしろその時点において外国との技術格差が大きな産業へより多く配分されているということも考えられる。

## (2) 技術輸入とR&D戦略：Blumenthalの方法

Blumenthal [2] においては、一国の技術水準を反映する国内R&D支出と技術導入という投入要素の関係は単純なものではなく、代替と補完という反対の性質をあわせ持つと仮定される。すなわち、前述のように国内でのR&Dの成果に基づいて導入技術の応用がうまく行くことも考えられる一方で、反対に技術輸入が国内でのR&D活動を置き換えてしまう可能性もある。彼は前者のような関係を補完的、後者の場合を代替的關係と呼び、産業単位で集計したクロスセクションデータから、技術輸入額が多い産業ほど自らのR&D活動も活発に行っているのか、それともR&Dを技術輸入によって節約しているのかを調べ、補完と代替のいずれが卓越しているかを考察している。<sup>19</sup> また Blumenthal [1] は、この関係を決める重要な要素として、国内のR&Dをその目指す方向性によって2つのタイプに分けている。一つは creative（創造的）なR&Dであり、独自の革新を目指す自主技術開発を行うものである。もう一つは absorptive（吸収的）なR&Dで、導入される技術の消化

・吸収を促進するような活動を指し、外国の技術を受け入れるのに必要な知識、労働力、設備などの科学的な基盤の形成などが該当する。R&Dと技術輸入の関係という観点から両者を比較すると、creative な活動の場合はR&Dと技術輸入は無関係ないし代替的な関係になると予想され、absorptive な活動の場合は反対に補完的な関係にあると考えられる。また、前者の場合は技術輸出的な、後者は技術輸入に依存しがちな国となるという。<sup>20</sup> ある国のR&Dの特徴についてこのどちらが当てはまるかは歴史的背景などその国の事情にもよるが、彼はこれはその国全体の一種の技術戦略によると考えることもでき、こうした戦略は個々の意思決定主体によって独自に行われるものではあるが、全体の持つ方向性は示され得ると仮定している。<sup>21</sup> 以下に彼の得た結果の概略を示す。

彼が両論文において想定している関係は技術輸入を国内R&D支出へ回帰させるという単純なものである。すなわち  $TI/N$  を従業員一人あたり技術輸入額とし、 $RD/N$  を従業員一人あたり国内R&D支出として、

$$TI/N = \alpha + \beta RD/N$$

の各係数を推定している。そして、 $\beta$  の符号が正ならば両者は補完的、負ならば代替的であると解釈している。この計測は単純なモデルに基づき、標本数も少ないものではあるが、これをオーストラリア、フランス、西ドイツ、イタリア、日本、スウェーデンの各国に適用した結果、負の相関関係が見られた例はなく、概ね補完的

はこれだけでは不明だが、日本のR&D助成が基礎研究が活発ではない産業ほど多く配分されていることはわかる。拙稿 [15], pp. 115-128.

<sup>19</sup> Blumenthal [2], pp. 303-305.

<sup>20</sup> Blumenthal [1], p. 248.

<sup>21</sup> 同上書, pp. 246-247.

な関係が得られたという。また、各国の計測結果を比較すると、日本など $\beta$ の有意性が高く決定係数も高いグループと、西ドイツなど有意性が低く決定係数も低いグループとに分かれたとしている。<sup>62</sup>

### (3) 技術貿易収支とR&D投入・政府助成：

#### Vestal の方法

Vestal [9] は、技術輸出入についての意思決定の一つの重要な要因は自産業の技術ストックと他国の技術ストックの相対的關係であるとし、R&Dに関わる物的ストックと労働投入が、産業毎に異なる技術の生産関数に従って技術知識を生み出すという仮定に基づいて実証モデルを定式化している。

彼は、技術の純輸出すなわち技術輸出対価受取と技術輸入対価支払の差額  $TE$  と、国内R&Dに関する以下の指標すなわち

$K$  : R&D資本（有形固定資産購入費と  
同減価償却費から計算）

$SL$  : R&D労働（研究者および研究補助  
者数）

$L$  : 同 （その他の研究関係者）

$GS$  : 政府によるR&D助成

$ES$  : 規模の経済（研究者数集中度）

との間に、

$$TE=f(K, SL, L, GS, ES)$$

という関係を想定してこれを線形モデルで定式化し、計測を行っている。ただし、産業の技術ストック水準は全体として技術純輸出と正の關係を持つと思われるものの、上述の3変数の代替ないし補完の程度はそれぞれ異なる。また、

政府は発達した技術を持つ産業よりもむしろ遅れた産業を支援するという選択をするかも知れず、助成の効果は必ずしも明確ではない。さらに、新技術の生産に規模の経済が存在しても、大規模ないし独占的な企業の技術貿易行動はこれに従わないかもしれない。これらの理由から彼は、各変数の影響する方向は先験的には定められないとしている。

日本を例とした、1977～81年の各年に関する上式の計測結果より彼は、研究者すなわちR&D熟練者数と技術黒字が負の相関をすることを見出している。また、研究助成が技術黒字と負の相関をすることから、日本では先進的技術開発を助成するというよりも技術的に遅れた産業を擁護するという形で政府が研究費を配分しているとしている。<sup>63</sup>

## 4. データと計測結果

### (1) 性格別研究費と技術輸入

まず、支出金額で捉えた国内R&Dと技術輸入の關係を Blumenthal [1] [2] の方法に基づいて検討する。R&Dが absorptive strategy に基づいて行われているとすれば、自主技術開発の性格が濃い基礎的な研究よりも、導入技術の応用・改良にも用いられる開発研究の方が技術輸入との関連が強いと考えられるため、ここでは、近年のR&Dを基礎研究と応用・開発研究に分け、関連の相違を見る。さらに、政府研究費配分額という変数も説明変数に加える。これは、技術輸入額が少ない産業ほど導入技術依存が少なく自主技術開発が中心であるとみなせると仮定したうえで、Vestal [9] の考え方に倣っ

<sup>62</sup> Blumenthal [2], pp. 305-306.

<sup>63</sup> Vestal [9], pp. 565-571.



て、政府の研究助成活動が、産業の先進的・自主的ではあるがリスクもより大きな技術開発を主に支援するのか、それとも技術的に遅れた、技術輸入に頼る部分が多い産業における技術開発の支援の性格が強いのか、という点を明らかにすることを意図している。

計測においては、変数を

被説明変数

$TM/N$ : 従業員一人あたり技術輸入額

説明変数

$RD/N$ : 従業員一人あたり社内使用研究費

$BS/N$ :       "       基礎研究費

$AD/N$ :       "       応用・開発研究費

$GS/N$ :       "       政府研究費民間配分

(単位百万円, 科学技術研究調査報告による) として,

$$TM/N = \alpha_0 + \alpha_1 RD/N + \alpha_2 GS/N + u$$

( $u$  は誤差項)

などの式を産業のクロスセクションデータによって推定する。<sup>24</sup> 計測の対象期間は欧米とのマクロ的な技術格差が縮小に向かっていった1970年代はじめ(1971~73年)と、時系列データで見た関係が変化してから久しい近年(1986~88年)であり、性格別R&Dと技術輸入の関係の考察およびその両時点間における比較を行う。ただし、R&Dや技術輸出入契約、政府助成計画などが必ずしも単年度で完結するものではないことや、一時的な金額の突出などを考慮して、各

期間とも3年間の平均値をデータとした。<sup>25</sup>

両期間とも予想される関係は $\alpha_1 > 0$ ,  $\alpha_2 > 0$ だが、技術格差縮小やR&D戦略の変化などの結果両者の補完性が薄れている場合には、各係数は小さくなると予想される。また、技術開発の独自性を基礎的な研究の活発さで代表させ、R&Dを基礎研究と応用・開発研究に分けると、absorptive strategy が主な戦略である場合、後者がもつばら正の関係をすると考えられる一方で、前者は技術輸入と明確な関係を持たないか代替的となると思われる。計測結果を表3に示す。

計測からは、技術輸入とR&D全体の関係について Blumenthal の分析と同様な結果が得られた。R&Dを性格別に分けた場合、技術輸入は応用・開発研究と有意な正の相関をする一方で、基礎研究とは無相関ないし負の相関をしており、応用・開発面では自己負担支出の節約を上回る補完的R&Dがもたらされる一方、結果として産業のR&Dが技術輸入によって基礎研究よりも応用・開発研究中心のものへと変化している可能性がある。一方、政府R&Dの技術輸入との関係については、Vestalの研究と同様、政府が民間に支払う研究費は先端技術の開発促進よりもむしろ遅れた産業への援助という性格を今日なお有している様子がうかがえる。また、この計測に関する限り、86~88年の計測における各係数の低下から、両者の補完性が弱まって

<sup>24</sup> 本節における計測は、日銀統計と比べて技術輸出入の定義の幅が広い総務庁の統計を用いており、これはR&Dを行っている産業に関する指標としてはよりよいものではあるが、やはり国際技術移転の指標として対価授受をとまなうもののみを用いており、全ての移転がこうした対価を明示的に持つとは限らないので、国際技術移転全体のうちの一部を観察したものとして解釈されなくてはならない。

<sup>25</sup> 例えば、1971~73年のデータは、71, 72, 73の各年の従業員あたり支出を合計して3で割って得た。科学技術研究調査報告では当該会社数が1社のみの産業の場合データが公表されないため、データの期間にこのような年がある場合はその年を除外し、残る2年の平均を採用した。

表3 性格別研究費と技術輸入

式	年度	定数項	RD/N	BS/N	AD/N	GS/N	$\bar{R}^2$	s	n
(3-1)	71-73	0.003 (0.470)	0.106 (3.706)	...	...	1.552 (2.439)	0.429	0.017	24
(3-2)	71-73	0.002 (0.305)	...	0.016 (0.078)	0.121 (2.624)	1.493 (2.252)	0.406	0.017	24
(3-3)	86-88	-0.009 (0.441)	0.044 (2.553)	...	...	0.504 (2.999)	0.376	0.052	25
(3-4)	86-88	-0.018 (0.856)	...	-0.220 (1.398)	0.073 (3.045)	0.570 (3.432)	0.424	0.050	25

( ) 内は係数の  $t$  値の絶対値,  $\bar{R}^2$  は自由度修正決定係数,  $s$  は標準誤差,  $n$  は標本数

いるようにも見える。

これらの解釈はいずれも人件費・物件費すべて合わせた研究費についてのものであるが、次項では、R&D投入を研究設備・機材の購入費や労働力の投入などで分けた、投入要素別のR&D活動と技術輸出入の代替・補完性について述べる。

## (2) 技術貿易収支とR&D

次に、日本の技術貿易収支とR&Dの関係について検討する。Vestal [9] の方法は本来、技術貿易黒字と国内R&D活動の関係を調べるものだが、技術貿易黒字の変動は技術輸入・輸出の双方が変化した結果生じるものであるから、その解釈にあたっては、輸出・輸入それ自体への効果にさかのぼって考察する必要がある。そこでここでは、技術輸出額、技術輸入額をそれぞれ被説明変数とした計測も行う。また、前述の Blumenthal [2] の指摘のように、R&Dと技術輸入には補完と代替の双方の可能性があるが、R&Dを資産購入、労働投入、熟練労働投入などに細分化する方法によって、R&Dのどの部分が技術輸入にどの様に関与している

かを調べることができよう。

計測に用いる式は、

$$TX - TM = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 SL + \beta_3 L + \beta_4 GS + \beta_5 ES + u$$

( $u$  は誤差項)

$TX$  : 技術輸出対価受取額 (単位百万円)

$TM$  : 技術輸入対価支払額 ( " )

$K$  : 社内使用研究費のうち有形固定資産購入費および同減価償却費 ( " )

$SL$  : 研究者数+研究補助者数 ( 人 )

$L$  : 上記以外の研究関係従事者数 ( " )

$GS$  : 政府助成額 (ここでは政府からの受入研究費, 百万円)

$ES$  : 売上高 (規模の経済の効果を測る, 億円)

などとする。Vestal [9] ではR&D規模の効果を考察するために研究者数集中度という変数が用いられているが、以下では、植草 [10] にあるようにR&D活動に影響を与える要因である企業規模が技術貿易に対してはいかなる効果を持つのかを調べるために、売上高という変数を考える。前項同様、計測には科学技術研究調査報告の産業別クロスセクションデータを用い、

表4 R &amp; D投入と技術収支黒字

式	年度	定数項	K	SL	L	GS	ES	$\bar{R}^2$	s	n
(4-1)	71-73	2.237 (0.586)	0.191 (3.125)	-0.589 (2.713)	-0.072 (0.294)	-1.903 (12.125)	-0.057 (2.104)	0.916	9.160	24
(4-2)	86-88	7.377 (0.486)	0.109 (1.223)	-1.733 (2.439)	3.071 (3.289)	-0.870 (5.494)	-0.012 (0.252)	0.727	42.996	25

( ) 内は係数の  $t$  値の絶対値,  $\bar{R}^2$  は自由度修正済決定係数,  $s$  は標準誤差,  $n$  は標本数

1971～73年と1986～88年の2つの期間について調べ、結果を比較する。<sup>69</sup>

まず技術貿易黒字を被説明変数とした計測結果を表4に示す。この結果は、

- ① R & D資本購入と技術黒字の正の相関は70年代には有意だったが近年は有意性が低い。
- ② 熟練労働力である研究者数 (SL) は技術輸入超過が大きい産業ほど多い。
- ③ ②以外の研究従事者数と技術黒字の間には、最近では有意な正の関係が成立している。
- ④ 政府のR & D助成は現在も過去も技術輸入超過が大きい産業への配分が多い。
- ⑤ 企業規模はR & Dと異なり技術貿易収支との関連は薄い、かつては負の関係が見られた。

というもので、⑤以外は Vestal が得た結果と概ね整合する。

次に、この関係が技術輸入によるものなのか輸出によるものなのかが明らかになるよう、被説明変数を技術輸出、輸入に分けて計測する。この結果は表5に示したが、被説明変数を技術輸入と輸出とに分解してみると各変数がどのような形で技術収支と関連しているかがわかる。

まず、(4-1) 式における固定資産の有意な正の係数は技術輸入との負の相関による。これは、自主開発に必要な固定資産そのものは労働と異なり技術輸入によって比較的節約できる一方、補完のための研究設備はR & Dの初期段階から設備を購入する場合に比べ相対的に小規模のため、固定資産に限っては代替が補完を上回るためかも知れない。だが(5-4) 式では、これは技術輸入とは無関係になりつつあり、技術導入による資産購入の代替という性格が薄れてきていることがわかる。一方、(5-2) 式のように固定資産購入は最近では技術輸出と密接に正の相関をするようになってきており、このことは、自らの手で高価な設備を購入して研究を進める場合ほど輸出に至る成果が大きいことを示しているとも解釈できる。

次に、研究者以外のR & D従事者という変数については、(4-1) 式と異なり(4-2) 式では有意となっているが、これは(5-1)式に比べ(5-2) 式ではR & D労働投入と技術輸出との関係が強まった一方で、(5-3) 式に対し(5-4) 式では技術輸入との補完性が消失ないし代替へと転じたためである。すなわち固定資産同様、R & Dへ

<sup>69</sup> 各変数は1社あたりの数字である。なお、R & D 資本については、推計に際して減耗率や体化ラグなどについていくつかの恣意的な仮定を置かなくてはならないので、ここでは現在のフロー投入がその産業のR & Dの規模を反映し、減価償却費が償却される資産の大きさを反映すると考え、統計データとして客観性があるフローの支出額を用いた。償却の速度などが産業毎で異なるので解釈は注意しなくてはならないが、こうした相違にもかかわらず、ここでの計測結果は Vestal が得た結果と整合するものである。

表5 R &amp; D投入と技術輸出入額

(被説明変数：技術輸出入額  $TX$ )

式	年度	定数項	$K$	$SL$	$L$	$GS$	$ES$	$\bar{R}^2$	$s$	$n$
(5-1)	71-73	-0.250 (0.112)	-0.051 (1.415)	0.005 (0.039)	0.379 (2.649)	0.024 (0.265)	0.017 (1.045)	0.234	5.350	24
(5-2)	86-88	-3.535 (1.154)	0.045 (2.475)	-0.016 (0.110)	1.922 (10.201)	0.011 (0.338)	-0.020 (2.083)	0.930	8.674	25

(被説明変数：技術輸入額  $TM$ )

式	年度	定数項	$K$	$SL$	$L$	$GS$	$ES$	$\bar{R}^2$	$s$	$n$
(5-3)	71-73	-2.488 (0.651)	-0.242 (3.944)	0.594 (2.730)	0.451 (1.838)	1.927 (12.258)	0.073 (2.709)	0.923	9.176	24
(5-4)	86-88	-10.912 (0.664)	-0.065 (0.668)	1.717 (2.232)	-1.150 (1.137)	0.881 (5.136)	-0.008 (0.155)	0.669	46.565	25

( ) 内は係数の  $t$  値の絶対値,  $\bar{R}^2$  は自由度修正済決定係数,  $s$  は標準誤差,  $n$  は標本数

の労働投入も技術輸入から独立して、むしろ投入人員で表した研究規模が大きい産業ほど技術輸出が活発となっていることを示している。一方、R & D活動そのものに従事する研究者数は技術輸出とは関係が認められず、もっぱら技術輸入を増やすことで収支に影響している。だが、この結果生じる技術黒字との負の相関関係は、現在もなお専門の研究者が技術輸入が活発な産業に多いことを反映していると考えられることもでき、このような産業で技術輸出が少ないことをただちに意味しない。

以上から、かつて技術輸入とR & Dの間に見られた金額ベースでの補完性は、資本面での代替性を労働面での補完性が上回っていたことによるもので、資本との代替性は弱まったものの、労働との補完性の低下が今日の全体としての補完性の低下の要因であると推測される。すなわ

ち、かつてのR & Dには技術輸入によって資本投入を節約しながら、一般・熟練労働力を補完的に投入するという側面があったが、今日のR & Dでは、技術輸入を前提とせず自主技術開発を目的とした、Blumenthal のいう creative な活動が活発になり、この結果従来と異なり技術輸出との結びつきも強まったと考えることができる。<sup>10)</sup>

この他、政府R & D助成額は技術輸出とは有意に相関しない一方で技術輸入とは有意な正の相関をすることから、政府助成は技術輸出が少ない産業というよりも技術輸入が多い産業に行われがちであり、政府の助成が必ずしも企業に対して基礎的な分野での独自の研究を促す効果を持つとは限らないことを示している。また、この場合係数がいずれの時期でも一貫して高い有意性を保ち続けていることから、政府自身の

10) 平均をとらず1年のみのデータを用いた計測では、労働投入に関する変数の有意性が安定していた一方で、固定資産投入の有意性はしばしば下がった。これは資産購入に関しては意思決定が長期的観点から行われ、技術輸出入のような短期的な動きに左右されにくくなっていること、ないしはR & Dと技術貿易の間にラグがあることを反映しているとも解釈可能である。

科学技術振興計画では様々なプロジェクトが実施されるものの、民間企業への助成の方向自体は結果的に余り変化していない様子が見られる。

また、ここでの計測を見る限りでは、企業規模はかつては技術輸入と正の関係を有していたが、近年のデータでは規模による違いは確認できず、逆に技術輸出と負の関係を有するようになっている。これは、かつては比較的企业規模が大きな産業の方が技術輸入が活発だったが今では企業規模が小さい競争的な産業の方がむしろ技術輸出に積極的であると解釈することもあるが、他の変数と違って常に同じような結果が得られたわけではなく、これだけで断定することはできない。

一方、1971～73年と1986～88年について決定係数を比較すると、左辺を技術輸出とした式では上昇、技術輸入とした式では低下しており、R & Dを金額ベースで測った場合と同様、日本のR & D活動の方向が輸入に結びつくものから輸出と関連したものへと変わってきていることを示唆している。<sup>69</sup>

## 5. 結語

国内R & Dと技術貿易の関係に関する以上の

検討から得られた結論は簡単に以下のように要約される。

まずR & Dと技術輸出入の関係は計測の時期およびR & D活動の内容によって異なる。全体としては技術輸入と正の関係を持つのは開発など実用化に近い段階の支出で、輸入技術を応用・改良するため補完的にR & Dが行われる部分があることが反映されている。さらにこの補完性はR & D活動全般ではなくもっぱら補助的人員投入との補完性によるもので、むしろ研究設備や専門研究者は節約される傾向にあった。これらは日本の技術の特徴の一つが技術輸入など自前のR & D以外の方法で獲得した知識の応用という点にあることを反映しており、外国と比較しても多額である日本の研究費が、技術輸入によって基礎研究のみならず研究設備の購入面でもクラウドニングアウトが生じた結果、自主技術開発軽視の方向を向いていたということを示唆している。さらに政府の助成も結果的にこのような産業ほど多額なものとなっていた。

だが今日においては上記のような補完性やクラウドニングアウトは薄れてきており、代わって技術輸出と研究費支出・設備購入の正の相関関係が見られる。これらは日本の産業における

<sup>69</sup> このような近年の技術輸出とR & Dの関係について、Blumenthalの方法に依拠した、69ページに示したR & D変数によって技術輸出との関係を調べた場合も同様なことが認められた。計測した式は、

$$TX/N = \gamma_0 + \gamma_1 BS/N + \gamma_2 AD/N + \gamma_3 GS/N + u$$
 ( $u$ は誤差項、 $TX/N$ は従業員一人あたり技術輸出額)であり、結果を以下に示す。

年度	定数項	$BS/N$	$AD/N$	$GS/N$	$\bar{R}^2$	$s$	$n$
86-88	-0.001 (0.070)	0.078 (1.270)	0.029 (3.128)	-0.092 (1.420)	0.530	0.019	25

( )内は係数の $t$ 値の絶対値、 $\bar{R}^2$ は自由度修正済決定係数、 $s$ は標準誤差、 $n$ は標本数

1971～73年のデータからは全く有意な関係は得られず、決定係数もほぼ0であった。このようにかつてはR & Dと技術輸出とは無関係だったが今日では補完の関係にある。性格別では、技術輸出は開発研究だけでなく基礎的な研究も活発に行う産業においても活発で、自主技術の開発における基礎研究の重要性を反映しているとみられる。また、政府R & D助成額との負の関係は有意になりつつあり、単に技術輸入が多いだけではなく技術輸出が少ないという意味でも技術停滞の産業への助成が多いという傾向が表れている。

R & D活動の性格が輸入技術の消化から独自技術の開発へと変わりつつあるとも解釈できる。

一方、政府の研究助成に関してはこのような変化の証拠は得られず、政府の産業R & D助成資金が基礎的な研究活動のウェイトが低い産業はど多く配分されるという状況が依然見られることを考えると、助成金による支援の方向は変わっていないようである。

しかし、ここで行ったのは1970年代前半と80年代後半の2つの時期のみの比較であり、R & Dと技術輸出入の関係の連続的な変化についてなんらかの断定を下すには、一貫した時系列データの考察などが必要であろう。また、これらは様々な国際技術移転のうちの一部に限った考察であり、対価の授受をともなわない移転の効果も配慮されるべきである。同様に政府支援についても、助成金の配分以外にも多額の政府R & Dが行われており、これらを考慮する必要はある。この他、個別のR & D計画の持つ特質を明らかにするための、より集計化されていないレベルでの考察なども今後の課題となろう。

#### <参考文献>

- [1] Blumenthal, Tuvia, "Japan's Technological Strategy," *Journal of Development Economics*, vol. 3, no. 3, September 1976, pp. 245-255
- [2] Blumenthal, T., "A Note on the Relationship between Domestic Research and Development and Imports of Technology," *Economic Development and Cultural Change*, 1979, pp. 303-306
- [3] Higgins, Richard S. and Albert N. Link, "Federal Support of Technological Growth in Industry: Some Evidence of Crowding Out," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM-28, no. 4, November 1981, pp. 86-88
- [4] Link, Albert N., "An Analysis of the Composition of R&D Spending," *Southern Economic Journal*, vol. 49, no. 2, October 1982, pp. 342-349
- [5] Mansfield, Edwin et al., *Technology Transfer, Productivity and Economic Policy*, W.W. Norton & Company, 1982
- [6] Mansfield, E., "Industrial R & D in Japan and the United States: A Comparative Study," *American Economic Review*, vol. 78, no. 2, May 1988, pp. 223-228
- [7] Scherer, Frederic M., *Innovation and Growth*, The MIT Press, 1984
- [8] Terleckyj, Nestor E., "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries," in John W. Kendrick and Beatrice N. Vaccara eds., *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, The University of Chicago Press, 1980, pp. 359-386
- [9] Vestal, James E., "Evidence on the Determinants and Factor Content Characteristics of Japanese Technology Trade 1977-1981," *Review of Economics and Statistics*, vol. 71, no. 4, November 1989, pp. 565-571
- [10] 植草益『産業組織論』筑摩書房, 1982
- [11] 木下宗七, 鈴木和志「研究開発と経済成長」宇沢弘文編『日本経済 蓄積と成長の軌跡』第3章, 東京大学出版会, 1989
- [12] 斎藤優『技術開発論』文眞堂, 1988
- [13] 中村隆英『日本経済 その成長と構造』第2版, 東京大学出版会, 1980
- [14] 若杉隆平『技術革新と研究開発の経済分析』東洋経済新報社, 1986
- [15] 拙稿「政府 R & D の経済的效果に関する考察」『早稲田経済学研究』第31号, 1990年6月, pp. 115-123

1990. 9. 28 提出

(博士後期課程第2年度生)